Journal of Agroecology
Vol. 11, No.3, Fall 2019, p. 893-908

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 3، پاییز 1398، ص 908-893

بررسی برهم‌کنش کاربرد ازتوباکتر و نیتروژن بر میزان انتقال مجدد مواد، عملکرد و اجزای عملکرد دانه جو (*Hordeum vulgar* L.)

اردشیر طاهری‌نژاد[1]، محمداقبال قبادی[2*]، سعید جلالی‌هنرمند[2] و حسن حیدری[3]

تاریخ دریافت: 1396/08/27
تاریخ پذیرش: 1397/04/10

طاهری‌نژاد، ا.، قبادی، م.ا.، جلالی‌هنرمند، س. و حیدری، ح. 1398. بررسی برهم‌کنش کاربرد *ازتوباکتر* و نیتروژن بر میزان انتقال مجدد مواد، عملکرد و اجزای عملکرد دانه جو (*Hordeum vulgar* L.). بوم‌شناسی کشاورزی، 11 (3): 893-908.

چکیده

به‌منظور بررسی اثر *ازتوباکتر* بر خصوصیات کمّی و کیفی گیاه جو (*Hordeum vulgar* L.) و هم‌چنین میزان مصرف بهینه آن و جایگزینی با مقادیر نیتروژن صنعتی و تأثیر آن بر میزان انتقال مجدد مواد، آزمایشی بر روی جو آبی رقم بهمن به‌صورت مزرعه‌ای در شهرستان سنقر (استان کرمانشاه) در سال زراعی 94-1393 اجرا گردید. آزمایش از نوع فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بود. فاکتورها شامل سطوح کود زیستی *ازتوباکتر کروکوکوم* (0، 100 و 200 گرم در هکتار) و سطوح کود نیتروژن از منبع اوره (0، 50، 100، 150 و 200 کیلوگرم در هکتار) بودند. نتایج نشان داد، برهم‌کنش *ازتوباکتر* و نیتروژن بر تمامی صفات مورد بررسی معنی‌دار بود. بیش‌ترین میزان انتقال مجدد مواد از ساقه به دانه از پدانکل و پنالتیمیت در استفاده توأم کودهای نیتروژنه صنعتی 200 کیلوگرم در هکتار و کودهای بیولوژیک 100 گرم در هکتار *ازتوباکتر* به‌ترتیب مقدار110 و 90 میلی‌گرم و هم‌چنین بیش‌ترین مقدار انتقال مجدد از سنبله به دانه در تیمار کودهای نیتروژنه صنعتی 50 کیلوگرم در هکتار و کودهای بیولوژیک 200 گرم در هکتار *ازتوباکتر* به مقدار 41 میلی‌گرم مشاهده شد. هم‌چنین بیش‌ترین مقدار شاخص سطح برگ، وزن هکتولیتر، درصد پروتئین دانه (12/5 درصد)، عملکرد زیست‌توده، شاخص برداشت، تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه و عملکرد دانه (871 گرم در مترمربع) در تیمار 200 گرم در هکتار *ازتوباکتر* و 200 کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌دست آمد. با افزایش میزان این نهاده‌ها، مقادیر صفات نیز افزایش نشان داد. با در نظر گرفتن هزینه این نهاده‌ها و مقادیر افزایش عملکرد دانه و پروتئین، مصرف 100 گرم در هکتار *ازتوباکتر* و 100 کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌ترتیب حدود 834 گرم در مترمربع و 26 درصد، بیش‌ترین بازده اقتصادی داشت و اختلاف معنی‌داری با مصرف حداکثر آن‌ها نداشت. در این آزمایش با افزایش *ازتوباکتر* بین 17 تا 42 درصد به عملکرد دانه اضافه شد.

واژه‌های کلیدی: پدانکل، پروتئین دانه، دانه در سنبله، سطح برگ

مقدمه

نیتروژن عنصر حیاتی و مهم برای گیاه بوده و از طریق شیمیایی و یا به‌صورت زیستی تولید و در اختیار گیاه قرار می‌گیرد به‌طوری‌که سهم کود شیمیایی نیتروژن در بهبود عملکرد در مطالعات مختلف بین 30 تا 50 درصد گزارش شده است (Good et al., 2004). کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2017) گزارش کردند که سطوح کودهای نیتروژنه به‌کار رفته در آزمایشات برای گندم، ذرت و برنج در دامنه 250-20، 275-25 و 90-10 کیلوگرم در هکتار است و عملکرد گندم، ذرت و برنج را به‌ترتیب 2477 ، 4699 و 1509 کیلوگرم در هکتار نسبت به شاهد افزایش داده است.

اینکه کود نیتروژن صنعتی باعث افزایش عملکرد دانه از یک سو و آلودگی محیط زیست از سوی دیگر می‌شود، بر کسی پوشیده

1، 2 و 3- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، دانشیار و استادیار گروه تولید و ژنتیک گیاهی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی
(*- نویسنده مسئول: (Email: eghbalghobadi@yahoo.com
Doi: 10.22067/jag.v11i3.68804

نیست. امّا مصرف کودهای بیولوژیک چقدر مؤثر بوده و به چه اندازه می‌تواند باعث کاهش مصرف کودهای نیتروژنه صنعتی شوند؟ موضوع مورد مطالعه است. کودهای زیستی (به‌خصوص *ازتوباکتر*) پتانسیل زیادی برای بهبود تغذیه گیاهان و جایگزین کودهای شیمیایی دارند و می‌توانند با به حداقل رساندن و یا از بین بردن کامل استفاده کودهای شیمیایی و کاهش خطرات زیست‌محیطی و بهبود ساختمان خاک در غلات (Yasin et al., 2012)، حل فسفات‌های معدنی و افزایش رشد از طریق جذب عناصر معدنی (Kumar & Narula, 1999) شوند.

ازتوباکتر، یکی از باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن هواست که با استفاده از مکانیسم‌های مختلفی، باعث افزایش تولید هورمون اکسین و توسعه سیستم ریشه‌ای گیاه (افزایش سطح ریشه با رشد بیش‌تر) و در نهایت باعث افزایش عملکرد گیاهان زراعی و باغی شود (Khavazi & Malakouti, 2002). میزان نیتروژن تثبیت‌شده به‌وسیله *ازتوباکتر* 20 تا 40 کیلوگرم در هکتار در سال برای غلاتی مانند گندم، ذرت، سورگوم، ارزن و برنج برآورد شده است که افزایش محصول 7 تا 12درصد و حداکثر تا 39 درصد در این گیاهان را در پی داشته است (Malakouti et al., 2001).

در آزمایشات جداگانه‌ای، اثر تلقیح باکتری روی گندم باعث اثرات مثبت و معنی‌دار بر صفات عملکرد زیست‌توده، درصد پروتئین دانه، وزن هزار دانه، شاخص سطح برگ و به‌ویژه جذب عناصر نیتروژن، فسفر، آهن و روی، گزارش شده است (Rjaee et al., 2007; El Habbasha et al., 2013).

میزان اثربخشی *ازتوباکتر* بر رشد و عملکرد دانه گندم تحت تأثیر رقم گندم (Amiri et al., 2010)، مصرف با سایر باکتری‌های هم‌زیست و محرک رشد مثل آزوسپریلیوم (De freitas, 2000) و مصرف اسید هیومیک (Ghezaani et al., 2011) می‌باشد. در مطالعات انجام‌شده روی کودهای زیستی و آلی به‌همراه کود نیتروژن، اثر قابل توجهی در اثر مصرف هر سه این مواد رشددهنده بر ارتفاع بوته، سطح برگ، وزن تر و خشک ساقه، تعداد سنبله در بوته و دیگر شاخص‌های عملکرد و اجزای عملکرد گندم گزارش شده است (Agamy et al., 2012).

اثر *ازتوباکتر* با کود دامی نیز اثر هم‌افزایی داشته و نتایج نشان می‌دهد که مقدار افزایش 36/2 درصد در عملکرد دانه، 37/8 درصد در اندام هوایی، 73 درصد جذب نیتروژن، 79 درصد جذب فسفر و 45 درصد جذب روی نسبت به شاهد در گندم شده است (Khosravi & Mahmoudi, 2013). در گیاه جو نیز اثر تلقیح *ازتوباکتر کروکوکوم* و *سودوموناس* بر عملکرد دانه، شاخص برداشت و ارتفاع بوته معنی‌دار گزارش شده است (Naseri et al., 2013a). در یولاف هم این باکتری باعث بهبود قابل‌توجهی در عملکرد علوفه سبز، اجزای عملکرد، عملکرد دانه و کاه گردیده است (Devi et al., 2014).

در گیاه ذرت نیز نتایج نشان داده که تلقیح با باکتری *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلیوم* تأثیر معنی‌داری روی افزایش عملکرد داشته و حتی تحمل بوته را نسبت به تنش خشکی و استرس افزایش داده است (Naseri et al., 2013b). شریفی و همکاران (Sharifi et al., 2011) گزارش داده‌اند که باکتری *ازتوباکتر* در ذرت سبب افزایش قابل‌ملاحظه‌ای در عملکرد دانه، ارتفاع بوته، تعداد دانه در بلال و تعداد دانه در ردیف شده است. در گیاه سورگوم نیز نتایج آزمایش آمال و همکاران (Amal et al., 2010) نشان داده است که تأثیر مواد زیستی آلی بر پارامترهای رشد، عملکرد و ترکیبات شیمیایی آن، قابل‌ملاحظه بوده است.

اثر *ازتوباکتر* بر گیاه لگوم نخود نیز بررسی شده است. در مطالعات میشرا و همکاران (Mishra et al., 2010) نشان داده شده که باکتری‌های محرک رشد *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلیوم*، عملکرد دانه و ماده خشک را افزایش داده‌اند. در بررسی اثر *ازتوباکتر* بر گیاهان روغنی، نتایج بررسی‌ها نشان داده است که *ازتوباکتر* باعث افزایش رشد گیاه (Shahraki et al., 2016) و افزایش تحمل گیاه گلرنگ در شرایط تنش خشکی شده است (Naseri & Mirzaei, 2010). هم‌چنین سلیمانی‌فرد و سیادت (Soleymanifard & Siadat, 2011) تأثیر کود زیستی *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلیوم* بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ را به‌ترتیب 35 و 21 درصد افزایش گزارش داده‌اند.

اثرات کودهای زیستی بر گیاهان دارویی نیز مورد بررسی قرار گرفته است. خرم‌دل و همکاران (Khorramdel et al., 2006) نیز با بررسی تأثیر مایه تلقیح باکتری‌های *ازتوباکتر*، *آزوسپیریلوم* و قارچ هم‌زیست میکوریزا بر رشد گیاه دارویی سیاه‌دانه نتیجه گرفتند که تلقیح بذر سیاه‌دانه با کودهای زیستی باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع گیاه، شاخص سطح برگ، حداکثر تجمع ماده خشک و سرعت رشد محصول در مقایسه با شاهد شده است.

با توجه به مطالب فوق‌الذکر، 1) مصرف کودهای زیستی (به‌خصوص *ازتوباکتر*) باعث تقویت رشد اکثر گیاهان زراعی شده

است. از طرفی، 2) یکی از عوامل مهم در آلودگی خاک استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی به‌وسیله کشاورزان می‌باشد. هم‌چنین 3) کاهش استفاده از کودهای شیمیایی و استفاده از کودهای زیستی و حرکت به‌سمت کشاورزی پایدار با روند حفظ محیط زیست و تولید که نسل امروز و نسل‌های آینده باید در آن حیات اجتماعی رو به رشد داشته باشند، یک وظیفه عمومی تلقی می‌گردد و اینکه 4) اثر *ازتوباکتر* بر جو در منطقه چندان مورد بررسی قرار نگرفته است، این آزمایش طراحی گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌منظور بررسی رشد اندام هوایی، میزان انتقال مجدد مواد، عملکرد و اجزای عملکرد دانه گیاه جو زراعی آبی رقم بهمن در مرکز خدمات کشاورزی شهرستان سنقر (استان کرمانشاه) با طول جغرافیایی 47 درجه و 35 دقیقه و عرض جغرافیایی 34 درجه و 46 دقیقه، با ارتفاع 1750 متراز سطح دریا، دارای آب‌وهوای مدیترانه-ای سرد انجام شد. مشخصات آب‌وهوایی منطقه در سال اجرای آزمایش در جدول 1 آمده است.

جدول 1- برخی از پارامترهای اقلیمی محل اجرای آزمایش در سال زراعی 94-1393

Table 1- Some climate parameters in location of the field experiment during 2014-2015

پارامترها Parameters	مهر Oct.	آبان Nov.	آذر Dec.	دی Jan.	بهمن Feb.	اسفند Mar.	فروردین Apr.	اردیبهشت May	خرداد Jun.
بارندگی Rainfall (mm)	72.0	45.5	63.0	32.0	68.0	31.0	95.5	14.0	2.5
دمای حداکثر Maximum temperature (°C)	25	15	9	8	9	11	22	26	29
دمای حداقل Minimum temperature (°C)	4	-2	-1	-13	-8	-8	-3	-4	9
میانگین دمای ماهانه Average temperature (°C)	14.6	5.8	3.6	0.5	2.7	2.7	8.0	13.9	19.6

آزمایش به‌صورت فاکتوریل 3 × 5 بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال زراعی 94-1393 اجرا شد. عوامل آزمایش شامل کود نیتروژن (0، 50، 100، 150 و 200 کیلوگرم در هکتار) از منبع اوره و *ازتوباکتر کروکوکوم* (0، 100 و 200 گرم در هکتار) بودند.

مصرف *ازتوباکتر* به صورت تلقیح با بذر و مصرف نیتروژن در دو مرحله به صورت پایه (یک‌سوم) و سرک (دوسوم و در مرحله طویل شدن ساقه‌ها) بود. تلقیح بذور با *ازتوباکتر* قبل از کاشت و در شرایط سایه انجام گرفت. بدین منظور، ابتدا بذر مورد نیاز برای هر تیمار انتخاب و در کیسه های پلاستیکی جداگانه مایه های تلقیح به بذرها اضافه و به‌خوبی مخلوط و در سایه خشک شدند. بذور جو رقم بهمن از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه تهیه شد. این رقم در سال 1387 توسط بخش تحقیقات غلات با مشخصات تیپ رشد زمستانه، نسبتاً دیررس، نسبتاً مقاوم به ریزش، متحمل به سرما، میانگین ارتفاع بوته 78 سانتی‌متر و مناسب کشت در مناطق سرد و معتدل سرد، معرفی شده است.

قبل از کاشت و هم‌زمان، کودهای شیمیایی سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم مطابق توصیه آزمایشگاه با خاک در کرت‌های آزمایشی مخلوط گردید. خصوصیات خاک محل آزمایش در جدول 2 آمده است.

جدول 2- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش (عمق 30-0 سانتی‌متر)

Table 2 - Physical and chemical properties of the soil field experiment (0-30 cm depth)

بافت Texture	رس Clay (%)	سیلت Silt (%)	شن Sand (%)	پتاسیم Potassium ($mg.kg^{-1}$)	فسفر Phosphorus ($mg.kg^{-1}$)	نیتروژن Nitrogen (%)	کربن آلی Organic carbon (%)
لوم رسی Clay-loam	34	33	33	350	10	0.087	0.87

هر کرت آزمایش با ابعاد 3×2 متر و هر بلوک شامل 15 کرت با فواصل یک متر بین کرت و دو متر بین بلوک‌ها بود. پس از تهیه بستر مناسب، عملیات کاشت با تراکم 400 بذر در مترمربع (با اضافه کردن کسری قوه نامیه و شرایط مزرعه) در 10 آبان ماه به‌صورت هیرم‌کاری انجام شد.

در این آزمایش صفات شاخص سطح برگ، تعداد پنجه، وزن خشک برگ، ساقه و سنبله، انتقال مجدد مواد به دانه، تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، عملکرد زیست‌توده، عملکرد دانه، شاخص برداشت، وزن هزار دانه، وزن هکتولیتر و درصد پروتئین دانه بررسی شد.

شاخص سطح برگ در مرحله آبستنی[1] که گیاه دارای بیش‌ترین سطح سبز است با استفاده از دستگاه سطح برگ سنج[2] مدل WinDIAS اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری میزان انتقال مجدد مواد به دانه یک مرحله نمونه‌برداری در پنج روز پس از مرحله گرده‌افشانی، و از هر کرت 10 نمونه به‌صورت تصادفی از سطح خاک برداشت و فقط ساقه به‌مدت 24 ساعت در دمای 70 درجه سانتی‌گراد خشک و سپس هرکدام از بندهای ساقه به‌طور جداگانه وزن شدند. همین عمل در مرحله رسیدگی نیز تکرار شده و اختلاف وزن آن‌ها محاسبه گردید (Mitsuru et al., 1991). لازم به یادآوریست که بعد از خشک شدن نمونه‌ها، گیاهان به دو قسمت سنبله و ساقه تقسیم شدند و هر ساقه به سه قسمت پدانکل (میان‌گره اول از بالای ساقه)، پنالتیمیت (میان‌گره دوم از بالای ساقه) و میان‌گره‌های زیری (میان‌گره‌های پایین‌تر از پدانکل و پنالتیمیت) تقسیم و وزن خشک هر میان‌گره و هر سنبله به‌تفکیک یادداشت شد (Niu et al., 1998; Papakosta & Gayianas, 1991; Rawson & Evans, 1971).

معادله (1) وزن میان‌گره و سنبله با دانه در زمان رسیدگی - وزن هر میان‌گره و هر سنبله در زمان گرده‌افشانی = میزان انتقال مجدد مواد

معادله (2) حداکثر وزن میان‌گره و سنبله/نسبت مواد انتقال یافته = کارایی انتقال مجدد مواد

معادله (3) عملکرد/نسبت مواد انتقال یافته = سهم انتقال مجدد مواد در عملکرد دانه

1- Booting stage
2- Leaf area meter

در زمان برداشت و رسیدگی، برای اندازه‌گیری صفات وابسته به عملکرد و اجزای آن در هر کرت از یک مترمربع استفاده شد. برای محاسبه تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد سنبله در یک مترمربع شمارش و برای محاسبه تعداد پنجه در بوته از محاسبه تعداد سنبله تقسیم بر تعداد بوته سبز شده به‌دست آمد. برای محاسبه زیست‌توده از مجموع وزن دانه و سایر قسمت‌های هوایی گیاه در یک مترمربع (از بوته‌های موجود در دو ردیف میانی هر کرت) پس از خشک کردن استفاده شد و پس از خرمن‌کوبی با تقسیم عملکرد دانه (عملکرد اقتصادی) بر عملکرد زیست‌توده، شاخص برداشت محاسبه گردید. پس از جداسازی دانه‌ها از سنبله، چهار نمونه 1000 تایی دانه شمارش و پس از توزین و میانگین‌گیری به‌عنوان وزن هزار دانه ثبت شد. برای اندازه‌گیری وزن هکتولیتر از استوانه مدرج استفاده شد. از دستگاه کجدال میزان درصد نیتروژن به‌دست آمد و از معادله (4) میزان پروتئین دانه محاسبه شد.

معادله (4) 5/7 × نیتروژن (درصد) = پروتئین خام (درصد)

در این بررسی جهت مدیریت داده‌ها از نرم‌افزار Excel و برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌های حاصل از نمونه‌برداری، از برنامه‌های آماری SAS و MINITAB و میانگین صفات نیز با استفاد از آزمون دانکن مقایسه شدند.

نتایج و بحث

الف- بررسی عملکرد و اجزای عملکرد

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، برهم‌کنش تیمارهای کود نیتروژن و *ازتوباکتر* بر صفات عملکرد زیست‌توده، عملکرد دانه، شاخص برداشت، تعداد سنبله بارور در مترمربع، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول 3). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد، بیش‌ترین عملکرد زیست‌توده (1883 گرم در مترمربع)، عملکرد دانه (871 گرم در مترمربع)، شاخص برداشت (46/2 درصد)، تعداد سنبله بارور (592 سنبله در مترمربع)، تعداد دانه در سنبله (58 دانه در سنبله) و وزن هزار دانه (27 گرم) در استفاده توأم کودهای نیتروژنه صنعتی 200 کیلوگرم در هکتار و کود زیستی 200 گرم در هکتار *ازتوباکتر* به‌دست آمد. هم‌چنین کم‌ترین مقدار این صفات در شاهد به‌ترتیب با مقدار 1408 گرم در مترمربع، 509 گرم در مترمربع، 36/74 درصد، 500 سنبله

بارور در مترمربع، 39/6 دانه در سنبله و وزن هزار دانه (25 گرم) به‌دست آمد (جدول 4). در این آزمایش، با افزایش *ازتوباکتر* از صفر به 100 گرم در هکتار، 100 به 200 و صفر به 200 گرم در هکتار عملکرد دانه به‌ترتیب 21، 17 و 42 درصد افزایش یافت، که این مقدار افزایش بسیار کم‌تر از اثر مصرف نیتروژن (کود صنعتی) بود.

جدول 3- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر کودهای *ازتوباکتر* و نیتروژنه بر عملکرد و اجزای عملکرد جو

Table 3- Analysis of variance (mean of squares) for the effect of *Azotobacter* and nitrogen fertilizers on yield and yield components of barley

منابع تغییرات	S. O. V.	درجه آزادی df	عملکرد زیست‌توده Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index	تعداد سنبله در واحد سطح Spike per m^2	دانه در سنبله Grain per spike	وزن هزار دانه 1000-grain weight
بلوک	Block	2	6083^{ns}	1579^{ns}	0.37^{ns}	16.0^{ns}	40.0^{*}	0.06^{ns}
ازتوباکتر	*Azotobacter* (A)	2	146776^{**}	84973^{**}	61^{**}	5676^{**}	204^{**}	2.0^{**}
نیتروژن	Nitrogen (N)	4	252531^{**}	88963^{**}	23^{**}	5258^{**}	175^{**}	2.0^{**}
ازتوباکتر× نیتروژن	A×N	8	28853^{**}	7012^{**}	12^{ns}	744^{**}	15.0^{**}	0.45^{**}
خطا	Error	28	3085	906	6.0	43	2.0	0.03
ضریب تغییرات (درصد)	CV (%)	-	13.27	14.00	15.83	11.17	12.85	10.71

ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال 5 و 1 درصد

ns, * and ** non significant and significant at 5 and 1%, respectively

جدول 4- مقایسه میانگین اثر متقابل کود ازتوباکتر و نیتروژن برعملکرد و اجزای عملکرد جو

Table 4- Mean comparisons of *Azotobacter* and nitrogen fertilizers interaction on yield and yield components of barley

تیمارها Treatments		عملکرد زیست‌توده	عملکرد دانه	شاخص برداشت	تعداد سنبله در مترمربع	دانه در سنبله	وزن هزار دانه
ازتوباکتر *Azotobacter* ($g.ha^{-1}$)	نیتروژن Nitrogen ($kg.ha^{-1}$)	Biological yield ($g.m^{-2}$)	Grain yield ($g.m^{-2}$)	Harvest Index (%)	Spikes per m^{-2}	Grains per spike	1000- grain weight (g)
	0	$1408^{g}\pm29.8$*	$509^{f}\pm12.4$	$36^{c}\pm0.6$	$500^{d}\pm1.2$	$39^{d}\pm0.33$	$24^{bc}\pm0.37$
	50	$1313^{h}\pm17.3$	$541^{e}\pm4.7$	$41^{bc}\pm0.1$	$516^{cd}\pm1.7$	$41^{bc}\pm0.57$	$25^{b}\pm0.03$
0	100	$1558^{e}\pm8.3$	$673^{d}\pm2.3$	$43^{b}\pm0.2$	$526^{c}\pm1.2$	$49^{b}\pm0.99$	$26^{ab}\pm0.06$
	150	$1830^{b}\pm8.2$	$793^{bc}\pm2.3$	$43^{b}\pm0.1$	$577^{b}\pm1.5$	$51^{ab}\pm0.57$	$26^{ab}\pm0.05$
	200	$1812^{bc}\pm9.7$	$824^{b}\pm1.9$	$45^{a}\pm0.1$	$577^{b}\pm0.3$	$53^{ab}\pm0.66$	$26^{ab}\pm0.05$
	0	$1462^{f}\pm8.3$	$616^{d}\pm2.6$	$42^{b}\pm0.1$	$543^{e}\pm7.3$	$46^{bc}\pm1.33$	$26^{ab}\pm0.02$
	50	$1690^{d}\pm8.5$	$717^{cd}\pm3.1$	$42^{b}\pm0.7$	$550^{bc}\pm6.4$	$54^{ab}\pm1.17$	$26^{ab}\pm0.08$
100	100	$1820^{b}\pm9.2$	$834^{ab}\pm8.3$	$45^{ab}\pm0.4$	$587^{ab}\pm2.9$	$54^{ab}\pm0.88$	$26^{ab}\pm0.01$
	150	$1833^{ab}\pm8.5$	$831^{ab}\pm3.9$	$45^{ab}\pm0.2$	$582^{ab}\pm1.8$	$54^{ab}\pm0.57$	$26^{ab}\pm0.08$
	200	$1849^{ab}\pm8.3$	$849^{ab}\pm1.9$	$45^{ab}\pm0.3$	$586^{ab}\pm4.0$	$56^{a}\pm1.2$	$27^{a}\pm0.31$
	0	$1517^{e}\pm5.7$	$725^{d}\pm3.5$	$47^{a}\pm1.0$	$535^{c}\pm1.9$	$48^{b}\pm0.99$	$26^{ab}\pm0.15$
	50	$1757^{c}\pm6.0$	$777^{c}\pm2.8$	$44^{ab}\pm0.3$	$584^{ab}\pm2.9$	$52^{ab}\pm1.45$	$26^{ab}\pm0.12$
200	100	$1848^{ab}\pm5.7$	$848^{ab}\pm3.3$	$45^{ab}\pm0.3$	$582^{ab}\pm2.4$	$54^{ab}\pm0.66$	$27^{a}\pm0.02$
	150	$1856^{ab}\pm5.4$	$855^{ab}\pm4.4$	$46^{ab}\pm0.2$	$585^{ab}\pm1.9$	$56^{a}\pm1.52$	$27^{a}\pm0.06$
	200	$1883^{a}\pm8.4$	$871^{a}\pm2.9$	$46^{ab}\pm0.3$	$592^{a}\pm3.7$	$58^{a}\pm1.85$	$27^{a}\pm0.05$

*حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 5 درصد می‌باشد (آزمون چنددامنه‌ای دانکن)، ± خطای استاندارد

*Same letters in each column represent no significant difference at 5 percent probability level (Duncan's Multiple Range test); ±, Standard error

با توجه به نتایج آزمایش به نظر می‌رسد در تیمارهایی که نیتروژن گیاه در حد موردنیاز توسط کود زیستی *ازتوباکتر* و نیتروژن تأمین گردیده، صفات عملکرد و اجزای عملکرد بیش‌ترین مقدار داشته است. محققین دیگر نیز در آزمایش خود که کم‌وبیش از کودهای زیستی استفاده کرده‌اند، نتایج تقریباً مشابهی داشته‌اند. مثلاً در این آزمایش، در بین تغییرات اجزای عملکرد، وزن هزار دانه، کم‌ترین

نوسان (تغییرات) داشته است. هرچندکه در غلات (به‌خصوص گندم و جو) مجموع مطالعات انجام‌شده نشان داده که در بین اجزای عملکرد، وزن هزار دانه در شرایط تنش و مطلوب کم‌ترین نوسان را داشته است که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد، امّا، ادریس (Idris, 2003) اثر مثبت باکتری *ازتوباکتر* را بر وزن هزار دانه تأیید کرده است. در مطالعات دیگر بر روی گندم نیز مصرف *ازتوباکتر* بر عملکرد دانه، تعداد پنجه، عملکرد ماده خشک، جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم (Behl et al., 2006) و بر عملکرد و مقدار جذب نیتروژن و اثر بر عملکرد و همه اجزای عملکرد دانه به‌جز وزن هزار دانه (Kader et al., 2002) اشاره شده است.

نتایج سایر پژوهش‌ها نیز نشان داد، مصرف ازتوباکتر در مقایسه با تیمار بدون تلقیح با باکتری، موجب افزایش معنی‌دار در عملکرد دانه گندم (Ardakani et al., 2000) و در آزمایش دیگر کاربرد 120 کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌همراه ازتوباکتر به افزایش 17/7 تا 67/4 درصدی در متوسط عملکرد دانه گندم (Singh et al., 2004) شده است، که همگی به‌نحوی افزایش عملکرد دانه جو در این آزمایش را در اثر مصرف *ازتوباکتر* به‌تنهایی و در مصرف توأم *ازتوباکتر* و نیتروژن صنعتی را توجیه می‌کنند.

ب- بررسی خصوصیات اندام‌های هوایی، وزن هکتولیتر و درصد پروتئین

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل تیمارهای *ازتوباکتر* و نیتروژن بر صفات مورد بررسی شامل شاخص سطح برگ، تعداد پنجه، وزن خشک (برگ، ساقه و سنبله)، وزن هکتولیتر و درصد پرتئین دانه معنی‌دار بود (جدول 5). باتوجه به نتایج مقایسه میانگین داده‌ها بیش‌ترین مقادیر در صفات مذکور در مصرف توأم نیتروژن و *ازتوباکتر* 200 گرم در هکتار با نیتروژن 200 کیلوگرم در هکتار و کم‌ترین میزان در شاهد به‌دست آمد (جدول 6).

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها بیش‌ترین مقادیر در شاخص سطح برگ (6/7)، 2/3 پنجه، وزن خشک برگ، ساقه و سنبله (به‌ترتیب 272، 562 و 177 گرم در مترمربع)، وزن هکتولیتر (46/4 کیلوگرم) و پروتئین دانه (12/5 درصد) در مصرف هر دو نوع کود (200 گرم *ازتوباکتر* و 200 کیلوگرم نیتروژن در هکتار) و کم‌ترین میزان در شاهد با شاخص سطح برگ (4/1)، تعداد پنجه (1/8)، وزن خشک برگ، ساقه و سنبله (به‌ترتیب 192، 401 و 150 گرم در مترمربع)، وزن هکتولیتر (45/9 کیلوگرم) و پروتئین دانه (9/4 درصد) به‌دست آمد (جدول 6).

جدول 5- تجزیه واریانس(میانگین مربعات) اثر *ازتوباکتر* و نیتروژن بر صفات مورفولوژی جو

Table 5- Analysis of variance (mean of squares) for the effect of *Azotobacter* and nitrogen on morphological traits in barley

منابع تغییرات	S.O.V.	درجه آزادی df	تعداد پنجه در بوته Tiller per plant	سطح برگ Leaf area index	وزن خشک برگ Leaf dry wight	وزن خشک ساقه Stem dry wight	وزن خشک سنبله Spike dry wight	وزن هکتولیتر Hectolitr Weight	پروتئین دانه Grain protein
بلوک	Block	2	1579^{ns}	0.12*	317*	2202^{ns}	2.0^{ns}	0.03^{ns}	0.000002^{ns}
ازتوباکتر	*Azotobacter* (A)	2	84973**	3.53**	1430**	1731^{ns}	527**	0.02^{ns}	4.12**
نیتروژن	Nitrogen (N)	4	88963**	4.69**	8055**	11393*	464**	0.11**	10.41**
ازتوباکتر× نیتروژن	A × N	8	7012**	0.35**	394**	9759*	67**	0.04*	0.35**
خطا	Error	28	906	0.03	97.0	4616	3.0	0.01	0.001
ضریب تغییرات (درصد)	CV (%)	-	14.00	13.11	13.94	12.92	11.18	10.29	5.28

ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال 5 و 1 درصد

ns, * and **: non significant and significant at 5 and 1%, respectively

جدول 6- مقایسه میانگین اثر متقابل کودهای *ازتوباکتر* و نیتروژن برصفات مورفولوژی جو

Table 6- Mean comparisons for the effect of *Azotobacter* and nitrogen fertilizers interaction on the morphological traits of barley

عوامل Factors		تعداد پنجه در بوته	شاخص سطح برگ	وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	وزن خشک سنبله	وزن هکتولیتر	پروتئین دانه
ازتوباکتر *Azotobacter* ($g.ha^{-1}$)	نیتروژن Nitrogen ($kg.ha^{-1}$)	Tillers per plant	Leaf area index	Leaf dry wight ($g.m^{-2}$)	Stem dry wight ($g.m^{-2}$)	Spike dry wight ($g.m^{-2}$)	Hectolitr weight (kg)	Grain protein (%)
	0	$1.7^{c}\pm0.02$*	$4.12^{d}\pm0.04$	$192^{d}\pm4.6$	$401^{c}\pm7.2$	$150^{c}\pm0.66$	$45.8^{c}\pm0.34$	$9.43^{e}\pm0.1$
	50	$1.8^{bc}\pm0.01$	$4.81^{c}\pm0.02$	$215^{cd}\pm6.6$	$556^{ab}\pm7.8$	$155^{b}\pm0.33$	$46.5^{a}\pm0.66$	$9.94^{d}\pm0.01$
0	100	$2.0^{b}\pm0.03$	$5.48^{b}\pm0.01$	$254^{ab}\pm1.5$	$472^{b}\pm4.8$	$158^{ab}\pm0.99$	$46.3^{a}\pm0.57$	$10.63^{c}\pm0.01$
	150	$2.0^{b}\pm0.03$	$6.37^{ab}\pm0.31$	$267^{a}\pm2.9$	$596^{a}\pm2.2$	$173^{a}\pm0.88$	$46.1^{ab}\pm0.33$	$11.54^{b}\pm0.01$
	200	$2.0^{b}\pm0.03$	$6.46^{ab}\pm0.05$	$268^{a}\pm2.4$	$546^{ab}\pm1.8$	$173^{a}\pm1.33$	$46.2^{a}\pm0.28$	$12.39^{ab}\pm0.01$
	0	$2.0^{b}\pm0.02$	$5.34^{b}\pm0.32$	$196^{d}\pm4.7$	$486^{b}\pm5.8$	$163^{ab}\pm2.33$	$46.0^{b}\pm0.34$	$9.94^{d}\pm0.1$
	50	$2.0^{b}\pm0.02$	$6.37^{ab}\pm0.05$	$264^{a}\pm1.5$	$543^{ab}\pm8.8$	$165^{ab}\pm2.10$	$46.1^{ab}\pm0.34$	$10.90^{bc}\pm0.01$
100	100	$2.0^{b}\pm0.03$	$6.46^{ab}\pm0.02$	$268^{a}\pm2.2$	$540^{ab}\pm4.4$	$176^{a}\pm1.76$	$46.3^{a}\pm0.23$	$12.34^{ab}\pm0.01$
	150	$2.2^{a}\pm0.03$	$6.67^{a}\pm0.03$	$271^{a}\pm1.5$	$555^{ab}\pm8.0$	$175^{a}\pm1.99$	$46.3^{a}\pm0.56$	$12.44^{ab}\pm0.01$
	200	$2.2^{a}\pm0.10$	$6.67^{a}\pm0.02$	$271^{a}\pm1.9$	$553^{ab}\pm1.2$	$176^{a}\pm1.73$	$46.3^{a}\pm0.33$	$12.50^{a}\pm0.02$
	0	$2.1^{ab}\pm0.05$	$5.05^{bc}\pm0.01$	$211^{c}\pm5.2$	$421^{bc}\pm4.6$	$161^{ab}\pm1.85$	$46.1^{ab}\pm0.66$	$10.45^{c}\pm0.03$
	50	$2.2^{a}\pm0.09$	$6.35^{ab}\pm0.01$	$266^{a}\pm1.5$	$538^{ab}\pm3.5$	$175^{a}\pm1.79$	$46.3^{a}\pm0.57$	$10.95^{bc}\pm0.03$
200	100	$2.2^{a}\pm0.09$	$6.67^{a}\pm0.02$	$271^{a}\pm1.9$	$553^{ab}\pm5.2$	$174^{a}\pm1.33$	$46.3^{a}\pm0.88$	$12.37^{ab}\pm0.03$
	150	$2.2^{a}\pm0.10$	$6.67^{a}\pm0.02$	$271^{a}\pm2.5$	$555^{ab}\pm2.3$	$175^{a}\pm1.02$	$46.3^{a}\pm0.76$	$12.45^{ab}\pm0.02$
	200	$2.2^{a}\pm0.12$	$6.67^{a}\pm0.02$	$272^{a}\pm2.7$	$562^{a}\pm5.9$	$177^{a}\pm1.20$	$46.3^{a}\pm0.83$	$12.54^{a}\pm0.03$

*حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 5 درصد می‌باشد (آزمون چنددامنه‌ای دانکن)، ± خطای استاندارد

*Same letters in each column represent no significant difference at 5 percent probability level (Duncan's Multiple Range test); ±, Standard error

بر اساس نتایج به‌دست آمده، در تیمارهایی که حداکثر نیتروژن توسط کود زیستی *ازتوباکتر* و نیتروژن صنعتی در اختیار گیاه قرار گرفته، احتمالاً شرایط تغذیه مناسب‌تری برای آن در طول دوره رشد فراهم بوده و باعث افزایش تعداد پنجه، شاخص سطح برگ، وزن خشک اندام‌های هوایی و وزن هکتولیتر شده است و با توجه به اینکه *ازتوباکتر* نیز باکتری تثبیت‌کننده نیتروژن است و با هم اثر هم‌افزایی و تقویتی بر رشد رویشی و در نهایت عملکرد و پروتئین دانه داشته‌اند. در آزمایش داس و همکاران (Das et al., 2004) نیز استفاده از کود زیستی *ازتوباکتر* موجب افزایش معنی‌دار پروتئین دانه گردید. همچنین در مطالعه بیاری و همکاران (Biari et al., 2011) تلقیح بذر ذرت با ازتوباکتر و آزوسپریلیوم عملکرد دانه، ساقه، برگ، کل بوته، ارتفاع بوته، سطح برگ و میزان نیتروژن دانه در مقایسه با شاهد اثر معنی‌داری داشته که کاربرد توأم دو باکتری افزایش معنی‌دارتری نسبت به استفاده تک تک آن‌ها داشته است که با نتایج آزمایش حاضر مطابقت دارد. در تحقیق دیگر بر روی ذرت مشخص شد که *ازتوباکتر* به‌تنهایی اثر زیادی بر عملکرد و اجزای آن نداشت، ولی بیش‌ترین مقدار در مصرف با نیتروژن به‌دست آمده است (Mirzakhani & Davari, 2017). حتی برای نخود نیز مصرف *ازتوباکتر* می‌تواند جایگزین خوبی برای مصرف نیتروژن در شرایط دیم باشد (Mohammadpoor et al., 2017).

در این آزمایش، اگرچه اثرات مصرف کود نیتروژن بر صفات مورد بررسی بیش‌تر از *ازتوباکتر* بود، امّا با مصرف *ازتوباکتر*، بر شاخص سطح برگ (29 درصد)، تعداد پنجه (22 درصد)، وزن خشک برگ (2 تا 9 درصد) و پروتئین دانه (بین 5 تا 10 درصد) افزوده شد.

ج - بررسی انتقال مجدد مواد از ساقه و سنبله به دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده و متقابل تیمارها بر میزان انتقال مجدد مواد، کارایی و سهم انتقال مجدد مواد از ساقه و سنبله به دانه معنی‌دار بود (جداول 7، 9 و 11).

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در ساقه (شامل پدانکل و پنالتیمیت)، بیش‌ترین میزان انتقال مجدد مواد (110 میلی‌گرم)، کارایی انتقال مجدد (61 درصد) و سهم انتقال مجدد مواد (7/6 درصد) در استفاده توأم کودهای نیتروژنه صنعتی 200 کیلوگرم در هکتار و کودهای بیولوژیک 100 گرم در هکتار *ازتوباکتر* به‌دست آمد.

در مابقی میان‌گره‌ها (به‌جز پدانکل و پنالتیمیت) در تیمار کودهای نیتروژنه صنعتی 100 کیلوگرم در هکتار و کودهای بیولوژیک 100 گرم در هکتار *ازتوباکتر* بیش‌ترین مقدار برای انتقال مجدد 59 میلی‌گرم، کارایی انتقال مجدد 56 و سهم انتقال مجدد 5/2 درصد) و

در سنبله در تیمار کودهای نیتروژنه صنعتی 50 کیلوگرم در هکتـار و کودهای بیولوژیک 200 گرم در هکتار *ازتوباکتر* نیز بیش‌ترین مقـدار برای انتقال مجدد (41 میلی گرم)، کارایی انتقال مجدد (60 درصد) و سهم انتقال مجدد (3/1 درصد) به‌دست آمد.

برای پدانکل و پنالتیمیت کم‌تـرین میـزان انتقـال مجـدد مـواد (به‌ترتیب 51 و 32 میلی‌گرم)، کارایی انتقال مجدد (به‌ترتیب 42/9 و 36/6 درصد) و سهم انتقال مجدد مواد (4/93 و 3/12 درصد) مربوط به تیمار کودهای نیتروژنه صـنعتی 50 کیلـوگرم در هکتـار و بـدون کودهای بیولوژیک و در مابقی میان‌گره‌ها و سنبله به‌ترتیب مربوط به تیمار کودهای نیتروژنه صنعتی 150 کیلـوگرم در هکتـار و کودهـای بیولوژیک صفر گرم در هکتار *ازتوباکتر* به‌دست آمد (جدول‌های 8، 10 و 12).

جدول 7 - تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر *ازتوباکتر* و نیتروژن بر میزان انتقال مجدد مواد از ساقه و سنبله به دانه جو

Table 7- Analysis of variance (mean of squares) of *Aztobacter* and nitrogen on the amount of remobilization from stem and spike to grain of barley

منابع تغییرات	S.O.V.	درجه آزادی df	پدانکل Peduncle	پنالتیمیت Penaltimate	سایر میان‌گره‌ها Other internodes	سنبله Spike
بلوک	Block	2	7^{ns}	77^{*}	43^{*}	11^{*}
ازتوباکتر	*Azotobacter* (A)	2	2410^{**}	2414^{**}	520^{**}	15^{**}
نیتروژن	Nitrogen (N)	4	1476^{**}	1039^{**}	125^{**}	49^{**}
ازتوباکتر× نیتروژن	A×N	8	52^{**}	152^{**}	265^{**}	17^{**}
خطا	Error	28	8	17	13	2
ضریب تغییرات (درصد)	CV (%)	-	3.34	6.22	7.73	5.18

ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال 5 و 1 درصد

ns, * and **: non significant and significant at 5 and 1%, respectively

جدول 8- مقایسه میانگین انتقال مجدد مواد در جو تحت تاثیر مصرف کود *ازتوباکتر* و کود نیتروژن

Table 8- Mean comparisons of the remobilization of materials of barley affected as the use of *Azotobacter* fertilizer and nitrogen fertilizer

تیمارها Treatments		پدانکل	پنالتیمیت	مابقی میان‌گره‌ها	سنبله
ازتوباکتر *Azotobacter* ($g.ha^{-1}$)	نیتروژن Nitrogen ($kg.ha^{-1}$)	Peduncle (mg)	Penaltimate (mg)	Other internodes (mg)	Spike (mg)
	0	65^{f}±13.33*	61^{d}±9.80	52^{ab}±9.8	29^{c}±9.24
	50	51^{h}±16.66	32^{h}±3.60	53^{ab}±6.88	32^{b}±3.60
0	100	70^{e}±3.33	50^{f}±1.20	40^{c}±2.33	30^{b}±2.96
	150	80^{d}±2.66	59^{e}±1.45	30^{d}±2.64	29^{c}±2.64
	200	90^{c}±2.33	59^{e}±1.73	50^{b}±2.96	30^{b}±2.33
	0	80^{d}±1.66	59^{e}±1.20	40^{c}±3.28	33^{ab}±2.02
	50	80^{d}±1.33	59^{e}±0.88	59^{a}±3.38	33^{ab}±1.73
100	100	100^{bc}±9.99	82^{ab}±6.88	59^{a}±5.23	31^{b}±1.45
	150	101^{b}±0	80^{b}±0.99	50^{b}±1.20	31^{b}±1.20
	200	110^{a}±0	90^{a}±1.20	50^{b}±0.66	32^{b}±3.21
	0	80^{d}±0	70^{c}±1.73	40^{c}±4.33	29^{c}±6.88
	50	80^{d}±0	59^{e}±1.45	59^{a}±1.76	41^{a}±3.78
200	100	99^{bc}±0	80^{b}±2.02	50^{b}±3.78	30^{b}±4.35
	150	100^{bc}±0	80^{b}±0.88	2.30±50^{b}	29^{c}±2.88
	200	103^{b}±6.66	84^{ab}±10.20	6.80±54^{ab}	31^{b}±4.05

*حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 5 درصد می‌باشد (آزمون چنددامنه‌ای دانکن)، ± خطای استاندارد

*Same letters in each column represent no significant difference at 5 percent probability level (Duncan's Multiple Range test); ±, Standard error

میزان انتقال مجدد مواد، کارایی و سهم انتقال مجدد مواد از ساقه

و سنبله به دانه از میان‌گره اول از بالای ساقه (پـدانکل) بـیش‌تـر از

میان‌گره دوم (پنالتیمیت) و مابقی میان‌گره‌ها بود.

فراوانی نیتروژن در خاک موجب توسعه شبکه ریشه‌های گسترده و افزایش ظرفیت تبادلی آن می‌شود. وجود نیتروژن مناسب در خاک باعث افزایش قابل توجه رشد رویشی، دوام سطح برگ و تولید مواد فتوسنتزی را موجب می‌شود که در نهایت باعث افزایش طول دوره رشد رویشی می‌شود (Malboubi, 1998). مظفری و همکاران (Mozaffari et al., 2006) بیان کردند که در بسیاری از غلات قسمت عمده ماده خشک دانه در نتیجه فعالیت فتوسنتزی قسمت‌های گیاه که پس از ظهور سنبله‌ها (پس از تلقیح گل) هنوز سبز هستند، تولید می‌شود. در گندم و جو سهم انتقال مجدد در عملکرد دانه در پر کردن دانه‌ها تنها 25 درصد است و سهم عمده‌ای از عملکرد مربوط به فتوسنتز جاری ساقه و برگ (45 درصد) و سنبله (30 درصد) گزارش شده است (Gardner et al., 1999). اردلانی و همکاران (Ardalani et al., 2014) نشان دادند که سهم انتقال مجدد در شرایط محیطی کنترل و تنش با هم فرق دارند و در شرایط تنش میزان انتقال مجدد بیش‌تر است.

سهم مواد فتوسنتزی قبل از گل‌دهی به دانه وابسته به‌میزان ماده‌ای است که بین گل‌دهی و رسیدگی انتقال می‌یابد و به‌صورت کارایی تبدیلات ماده انتقالی (انتقال مجدد به دانه) تعریف می‌شود (Gebbing et al., 1999). در همین راستا گزارش‌ها بیانگر آن است که در غلات زمستانه حدود 90-75 درصد از کل نیتروژن دانه از طریق نیتروژن جذب شده توسط اندام‌های رویشی به‌ویژه برگ‌ها در مرحله قبل از گرده‌افشانی تأمین می‌شود (Heitholt et al., 1990).

پس با توجه به نتایج، احتمالاً به‌دلیل کم بودن نیتروژن خاک در شاهد، انتقال مواد از ساقه به دانه زودتر شروع شده و پیش‌بینی می‌شود که در تیمارهایی که نیتروژن در اختیار آن‌ها قرار داده شد، انتقال مواد از ساقه به دانه دیرتر از شاهد آغاز گردید، بنابراین با استناد به گزارشات پرزالجی و مامکاویک (Przulj & Momcilovic, 2001) در مورد گیاه جو بیان نمودند که نسبت انتقال مجدد نیتروژن به نیتروژن دانه می‌تواند شاخصی از شرایط رشد برای این گیاه باشد و نسبت بالاتر این شاخص نشان‌دهنده شرایط رشد مطلوب‌تر گیاه در طول دوره رشد و نسبت پایین‌تر این شاخص نشان‌دهنده شرایط کمبود نیتروژن در طول مرحله قبل از گرده‌افشانی می‌باشد. بحرانی و طهماسبی سروستانی (Bahrani & Tahmasebi Sarvestani, 2007) کارایی انتقال مجدد نیتروژن عامل مهمی در افزایش پروتئین دانه در گندم است. هم‌چنین بالا رفتن عملکرد دانه موجب کاهش درصد پروتئین دانه می‌گردد. رستمی و جیریایی (Rostami & Giriaei, 1998) در بررسی شش رقم گندم با درصد پروتئین‌های کم، متوسط و زیاد گزارش کردند که کارایی انتقال مجدد نیتروژن، عامل افزایش درصد پروتئین دانه در ارقام پر پروتئین بوده است. بهبود و بهره‌وری از انتقال مجدد نیتروژن از گیاه به دانه یک راه ممکن برای افزایش عملکرد نیتروژن دانه در گندم است. مطالعات دیگر نشان داده است که بین غلظت پروتئین دانه و انتقال نیتروژن یا کارایی انتقال نیتروژن سازگاری وجود ندارد (Asseng et al., 2006; Dordas, 2009).

جدول 9- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر *ازتوباکتر* و نیتروژن بر کارایی انتقال مجدد مواد از ساقه و سنبله به دانه جو

Table 9- Analysis of variance (mean of squares) of *Azotobacter* and nitrogen on the efficiency of re-transferring material from stems and spikes to grain of barley

منابع تغییرات	S.O.V.	درجه آزادی df	پدانکل Peduncle	پنالتیمیت Penaltimate	سایر میان‌گره‌ها Other internodes	سنبله Spike
بلوک	Block	2	5.02ns	59.79*	32.17*	25.31*
ازتوباکتر	*Azotobacter* (A)	2	89.35**	213.02**	92.33**	9.75ns
نیتروژن	Nitrogen (N)	4	85.17**	189.69**	85.13**	145.14**
ازتوباکتر× نیتروژن	A×N	8	20.85**	56.65**	121.06**	34.31**
خطا	Error	28	4.75	11.67	10.90	9.74
ضریب تغییرات (درصد)	CV (%)	-	14.01	16.58	17.08	16.57

ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال 5 و 1 درصد

ns, * and ** non significant and significant at 5 and 1%, respectively

جدول 10- مقایسه میانگین کارایی انتقال مجدد مواد در جو تحت تاثیر مصرف *ازتوباکتر* و کود نیتروژن

Table 10 – Mean comparisons of remobilization efficiency of barley affected as *Azotobacter* fertilizer and nitrogen fertilizer

تیمارها Treatments		پدانکل	پنالتیمیت	سایر میان‌گره‌ها	سنبله
ازتوباکتر *Azotobacter* (g.ha-1)	نیتروژن Nitrogen (kg.ha-1)	Peduncle (%)	Penaltimate (%)	Other internods (%)	Spike (%)
	0	56.47^{ab}±2.08*	60.43^{a}±1.76	56.27^{a}±2.08	48.23^{bc}±2.08
	50	42.93^{c}±1.45	36.63^{e}±1.52	39.83^{d}±1.20	51.53^{b}±0.99
0	100	49.90^{bc}±1.73	45.50^{d}±0.99	44.27^{c}±0.88	46.87^{bc}±1.20
	150	53.20^{b}±1.33	49.33^{c}±2.02	33.20^{e}±0.99	41.06^{d}±1.52
	200	56.03^{ab}±2.02	45.63^{d}±1.45	45.33^{c}±1.20	45.06^{c}±1.45
	0	56.96^{ab}±0.88	53.76^{b}±1.73	44.27^{c}±1.73	51.60^{b}±1.66
	50	53.10^{b}±2.33	49.06^{c}±2.08	53.47^{ab}±0.88	50.80^{b}±1.20
100	100	55.70^{ab}±1.45	54.53^{b}±0.66	56.80^{a}±1.15	47.47^{bc}±1.73
	150	55.80^{ab}±1.73	53.20^{b}±0.88	45.33^{c}±1.76	46.26^{bc}±2.02
	200	61.00^{a}±2.90	60.45^{a}±2.40	45.33^{c}±1.20	45.70^{c}±1.76
	0	53.20^{b}±2.30	58.16^{ab}±1.76	44.27^{c}±2.02	44.47^{c}±0.88
	50	53.20^{b}±1.76	49.06^{c}±2.60	53.47^{ab}±0.88	60.00^{a}±1.45
200	100	54.90^{ab}±1.52	53.20^{b}±1.74	45.33^{c}±1.45	45.20^{c}±1.52
	150	55.60^{ab}±1.66	53.20^{b}±2.33	45.33^{c}±0.57	41.40^{d}±2.02
	200	57.33^{ab}±2.02	56.27^{ab}±2.90	49.53^{b}±1.20	42.80^{d}±0.88

*حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 5 درصد می‌باشد (آزمون چنددامنه‌ای دانکن)، ± خطای استاندارد

*Same letters in each column represent no significant difference at 5 percent probability level (Duncan's Multiple Range test); ±, Standard error

علاوه بر این روند تجمع ماده خشک (کربوهیدرات) و پروتئین ممکن است برای مواد فتوسنتزی و انرژی رقابت کنند (Robert, 2001). تخمین زده شده است که دوسوم از نیتروژن دانه درگندم مربوط به قبل از گل‌دهی و یک‌سوم آن مربوط به بعد از آن است (Barbottin et al., 2005). با این‌حال ممکن است این تا حدود زیادی بسته به نوع خاک (رطوبت و در دسترس بودن نیتروژن) در طول دوره پرشدن دانه تغییر کند. مجموع تجمع نیتروژن در غلات تا مرحله ظهور سنبله بیش‌تر می‌شود و پس از اتمام رشد رویشی کاهش می‌یابد (Martre et al., 2003).

جدول 11- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر *ازتوباکتر* و نیتروژن بر سهم انتقال مجدد مواد از ساقه و سنبله به دانه جو

Table 11- Analysis of variance (mean of squares) of *Azotobacter* and nitrogen on the contribution of remobilization from stems and spikes to grain of barley

منابع تغییرات S.O.V.		درجه آزادی df	پدانکل Peduncle	پنالتیمیت Penaltimate	سایر میان‌گره‌ها Other internodes	سنبله Spike
بلوک	Block	2	0.01^{ns}	0.27^{ns}	0.14^{ns}	0.03^{ns}
ازتوباکتر	*Azotobacter* (A)	2	5.41^{**}	6.24^{**}	068^{**}	0.21^{**}
نیتروژن	Nitrogen (N)	4	1.95^{**}	2.97^{**}	1.29^{**}	1.21^{**}
ازتوباکتر× نیتروژن	(A×N)	8	0.38^{*}	1.28^{**}	1.96^{**}	0.19^{**}
خطا	Error	28	0.14	0.18	0.10	0.02
ضریب تغییرات (درصد)	CV (%)	-	16.0	11.58	12.92	16.51

ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال 5 و 1 درصد

ns, * and ** non significant and significant at 5 and 1%, respectively

جدول 12- مقایسه میانگین سهم انتقال مجدد مواد در جو تحت تاثیر مصرف *ازتوباکتر* و نیتروژن

Table 12– Mean comparison of remobilization portion of barley affected as *Azotobacter* fertilizer and nitrogen fertilizer

تیمارها Treatments		پدانکل	پنالتیمیت	سایر میان‌گره‌ها	سنبله
ازتوباکتر ***Azotobacter*** **(g.ha^{-1})**	نیتروژن **Nitrogen (kg.ha^{-1})**	**Peduncle (mg)**	**Penaltimate (mg)**	**Other internodes (mg)**	**Spike (mg)**
0	0	6.47^{bc}±1.45*	6.04^{ab}±1.52	5.19^{a}±1.15	2.92^{b}±0.57
	50	4.93^{e}±1.20	3.12^{h}±0.88	3.05^{cd}±1.52	3.02^{ab}±0.33
	100	5.47^{d}±1.15	3.91^{f}±1.20	3.12^{cd}±2.08	2.34^{c}±1.52
	150	5.81^{cd}±1.73	4.29^{e}±0.66	2.18^{e}±0.88	2.10^{d}±1.20
	200	6.30^{bc}±2.02	4.13^{e}±0.33	3.50^{cd}±1.20	2.10^{d}±0.33
100	0	7.05^{ab}±1.15	5.20^{c}±1.73	3.52^{cd}±0.99	2.91^{b}±0.88
	50	6.14^{bc}±0.88	4.52^{d}±2.02	4.52^{b}±0.88	2.53^{bc}±0.57
	100	7.07^{ab}±2.30	6.13^{ab}±1.52	5.20^{a}±0.57	2.18^{c}±1.20
	150	7.08^{ab}±2.60	5.60^{b}±1.85	3.50^{cd}±1.20	2.17^{c}±1.34
	200	7.59^{a}±2.40	6.21^{a}±1.20	3.45^{cd}±0.33	2.20^{c}±0.99
200	0	5.99^{c}±1.40	5.25^{c}±1.45	3.00^{d}±0.66	2.16^{c}±±0.88
	50	6.01^{c}±0.57	4.43^{d}±1.15	4.43^{bc}±0.57	3.08^{a}±1.20
	100	6.79^{b}±1.45	5.49^{bc}±0.88	3.43^{cd}±0.88	2.06^{e}±1.73
	150	6.84^{b}±1.70	5.47^{bc}±1.73	3.42^{cd}±1.15	2.11^{d}±1.52
	200	7.02^{ab}±2.33	5.52^{bc}±1.33	3.71^{c}±1.45	2.10^{d}±0.57

*حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 5 درصد می‌باشد (آزمون چنددامنه‌ای دانکن)، ± خطای استاندارد

*Same letters in each column represent no significant difference at 5 percent probability level (Duncan’s Multiple Range test); ±, Standard error

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان داد که اگرچه از نظر آماری، بیش‌ترین مقدار عملکرد دانه به‌میزان 871 گرم در مترمربع در مصرف توأم کود بیولوژیک 200 گرم در هکتار باکود نیتروژنه 200 کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد اما، از نظر اقتصادی، اختلاف زیادی با مصرف 100 کیلوگرم در هکتار نیتروژن و مصرف 200 گرم در هکتار کودهای زیستی وجود نداشت. این موضوع می‌تواند کاهش مصرف نیتروژن را با جایگزینی مصرف *ازتوباکتر* توجیه کند و به مقدار زیادی اثرات مخرب زیست‌محیطی ناشی از استفاده بیش از حد کودهای شیمیایی را کاهش دهد. در کل، با افزایش میزان نیتروژن از نوع اوره، عملکرد دانه بین 20 تا 71 درصد و میزان پروتئین دانه بین 20 تا 32 درصد، امّا با افزایش *ازتوباکتر* (به تنهایی) عملکرد دانه بین 17 تا 42 درصد و پروتئین دانه بین 5 تا 10 درصد افزایش داشت.

منابع

Agamy, R.A., Mohamed, G.F., and Rady, M.M. 2012. Influence of the application of fertilizer type on growth, yield, anatomical structure and some chemical components of wheat (*Triticum aestivum* L.) grown in newly reclaimed Soil. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 6 (3): 561-570.

Amal, G., Ahmed, Salwa Orabi., and Gomaa, A.M. 2010. Bio-organic farming of grain sorghum and its effect on growth, physiological and yield parameters and antioxidant enzymes activity. Journal of Agriculture and Biological Sciences 6(3): 270-279.

Amiri, A., Tohidinejad, E., Javaheri, M., and Mohammadinejad, G. 2010. Study the effect of planting time, cultivar and azetobacter on wheat (*Triticum aesticum* L.) yield at Bardsir region. Journal of Agriculture Crop Management 12 (1): 11-19. (In Persian with English Summary)

Ardalani, S., Saeidi, M., Jalali-Honarmand, S., Ghobadi, M.E., and Abdoli, M. 2015. Evaluation of grain yield and its relationship with remobilization of dry matter in bread wheat cultivars under water deficit stress at the post anthesis. Iranian Journal of Dryland Agriculture 2(2): 173-203. (In Persian with English Summary)

Arduini, I., Masoni, A., Ercoli, L., and Mariotti, M. 2006. Grain yield, and dry matter and nitrogen accumulation and

remobilization indurumwheat as affected by variety and seeding rate. European Journal of Agronomy 25: 309–318.

Asseng, S., and Milroy, S.P. 2006. Simulation of environmental and genetic effects on grain protein concentration in wheat. European Journal of Agronomy 25: 119-128.

Bahrani, A., Tahmasebi Sarvestani, Z. 2007. Effect of rate and times of nitrogen application on accumulation and remobilization efficiency of flag leaf in two wheat cultivars. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 11(40): 147-155. (In Persian with English Summary)

Barbottin, A., Lecomte, C.H., Bouchard, C.H., and Jeuffroy, M.H. 2005. Nitrogen remobilization during grain filling in wheat: Genotypic and environmental effects. Crop Sciences 45: 1141-1150

Behl, R.K., Narula, N., Vasudeva, M., Sato, A., Shinano, T., and Osaki, M. 2006. Harnessing wheat genotype x *Azotobacter* strain interactions for sustainable wheat production in semi arid tropics. Tropics 15(1): 123-133

Biari, A., Gholami, A., and Asadi Rahmani, H. 2011. Effect of different plant growth promotion bacteri (*Azotobacter, Azospirillum*) on growth parameters and yield of field Maize. Journal of Water and Soil 25(1): 1-10. (In Persian with English Summary)

Das, A., Prasad, M., Shivay, Y.S., and Subha, K.M. 2004. Productivity and sustainability of cotton-wheat cropping system as influenced by urea, farmyard manuare (FYM) and *Azotobacter*. Journal of Agronomy and Crop Science 190: 298-304.

De Freitas, J. R. 2000. Yield and N assimilation of winter wheat (*Triticum aestivum* L., var. Norstar) inoculated with rhizobacteria. Pedobiologia 44: 97-104.

Devi, U., Singh, K.P., Kumar, S., and Sewhag, M. 2014. Effect of nitrogen levels, organic manures and *Azotobacter* inoculation on yield and economics of multi-cut oats. Forage Research 40 (1): 36-43.

Dordas, C. 2009. Dry matter, nitrogen and phosphorus accumulation, partitioning and remobilization as affected by N and P fertilization and source-sink relations. European Jounal of Agronomy 30: 129-139.

El Habbasha, S.F., Tawfik, M.M., and El Kramany, M.F. 2013. Comparative efficacy of different bio-chemical foliar applications on growth, yield and yield attributes of some wheat cultivars. World Journal of Agricultural Sciences 9 (4): 345-353.

Gardner, F.P., Brent Pearce, R., and Mitchell, R.L. 1999. Physiology of crop plants. Translated by Koocheki, A and Sarmadnia, G. ACECR of Mashhad, Iran. (In Persian)

Gebbing, T., Schnyder, H., and Kuhbauch, W. 1999. The utilization of pre-anthesis reserves in grain filling of wheat. Assessment by steady-state 13CO2/12CO2 labelling. Plant, Cell and Environment 22: 851–858.

Ghezaani, M., Habibi, D., Pazoki, A., and Khavazi, K. 2011. Effect of some *Azotobacter* spices and humic acid on auxin hormone production, yield and yield components of wheat under different nitrogen levels. Iranian Journal of Agronomy and Plant breeding 8(2): 97-109. (In Persian with English Summary)

Good, A.G., Sherawat, A.K., and Muench, D.G. 2004. Can less yield more? Is reducing nutrient input into the environment compatible with maintaining crop production? Trends in Plant Science 9: 597-605.

Heitholt, J.J., Croy, L.I., Maness, N.O., and Nguyen, HT. 1990. Nitrogen partitioning in genotypes of winter wheat differing in grain N concentration. Field Crops Research 23: 133-144.

Idris, M. 2003. Effect of integrated use of mineral, organic N and *Azotobacter* on the yield, yield components and N-nutrition of wheat (*Triticum aestivum* L.). Pakistan Journal of Biological Sciences 6: 539-543.

Kader, M.K., Mmian, H., and Hoyue, M.S. 2002. Effects of *Azotobacter* inoculants on the yield and nitrogen uptake by wheat. Journal of Biological Sciences 2: 250–261.

Khavazi, K., and Malakouti, M.J. 2002. Necessity for the production of biofertilizers in Iran. Publish Agriculture Training. 589 p.

Khorramdel, S., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Ghorbani, R. 2006. Application effects of biofertilizers on the growth indices of black cumin (*Nigella sativa* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 6(2): 285-293. (In Persian with English Summary)

Khosravi, H., and Mahmoudi, H. 2013. Evaluation of effects of *Azotobacter* inoculation and manure on growth of rainfed wheat. Journal of Soil Management and Sustainable 3(2): 205- 219. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Nasiri Mahallati, M., Bakhshaei, S., and Davari, A. 2017. A meta-analysis on nitrogen fertilizer experiments on cereal crops in Iran. Journal of Agroecology 9(2): 296-313. (In Persian with English Summary)

Kumar, V., and Narula, N. 1999. Solubilization of inorganic phosphates and growth emergence of wheat as affected by *Azotobacter chroococcum* mutants. Biology and Fertility of Soils 28: 201- 305.

Malakouti, M.J., Naficy, M., and Motesharrezadeh, B. 2001. National effort for production of fertilizers as a step toward self-sufficiency and sustainable agriculture. Publish Agriculture Training 420 p.

Malboubi, M.A. 1998. Plant molecular biology response to environmental factors. Procceding Articles 5th Congress Agro breed Sciences in Iran. P. 11. (In Persian)

Martre, P., Porter, J.R., Jamieson, P.D., and Triboi, E. 2003. Modeling grain nitrogen accumulation and protein composition to understand sink/source regulations of nitrogen remobilization for wheat. Plant Physiology 133: 1959-1967.

Mirzakhani, M., and Davari, M.R. 2017. The Effect of inoculation with *Azotobacter* and nitrogen levels on grain and corn (*Zea mays* L.) yield components at simultaneous cropping system with legumes. Journal of Agroecology 9 (1): 63-75. (In Persian with English Summary)

Mishra, M., Kumar, U., Mishra, P.K., and Prakash, V. 2010. Efficiency of plant growth promoting Rhizobacteria for the enhancement of *Cicer arietinum* L. growth and germination under salinity. Advances in Biological Research 4 (2): 92-96.

Mitsuru, O.S., Shinano, T.K., and Toshiak, T.D. 1991. Redistribution of carbon and nitrogen compounds from the shoot to the harvesting organs during maturation in field crops. Soil Science and Plant Nutrition 37 (1): 117-128.

Mohammadpoor, G., Ghobadi, M.E., Mohammadi, G.R., and Ghobadi, M. 2017. Effects of different amounts of nitrogen and azotobarvar on growth characteristics and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Journal of Agroecology 9(1): 129-141. (In Persian with English Summary)

Mozaffari, A., Siadat, S.A., and Hashemi-Dezfuli, S.A. 2006. Effect of plant density on morphological and physiological characteristics of four cultivars of durum wheat (*Triticum turgidum* var. durum) under dryland of Sarableh region, Ilam. Journal of Research of Agricultural Science 2 (1): 47-51. (In Persian with English Summary)

Naseri, R., and Mirzaei, A. 2010. Response of yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) to seed inoculation with *Azotobacter* and *Azospirillum* and different nitrogen levels under dry land condition. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences 9 (4): 445-449.

Naseri, R., Azadi, S., Rahimi, M.J., Maleki, A., and Mirzaie, A. 2013. Effects of inoculation with *Azotobacter chroococcum* and Pseudomonas Putida on yield and some of important agronomic traits in barley (*Hordeum vulgar* L.). International Journal of Agronomy and Plant Production 4 (7): 1602-1610.

Naseri, R., Moghadam, A., Darabi, F., Hatami, A., and Tahmasebei, G.R. 2013. The effect of deficit irrigation and *Azotobacter chroococcum* and *Azospirillum brasilense* on grain yield, yield components of maize (SC_{704}) as a second cropping in western Iran. Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences 2 (10): 104- 112.

Niu, J.Y., Gan, Y.T., Zhang, J.W., and Yang, Q.F. 1998. Post anthesis dry matter accumulation and redistribution in spring wheat mulched with plastic film. Crop Science 38: 1562-1568.

Papakosta, D.K., and Gagianas, A.A. 1991. Nitrogen and dry matter accumulation, remobilization and losses for Mediterranean wheat during grain filling. Agronomy Journal 83: 864–870.

Przulj, N., and Momcilovic, V. 2001. Genetic variation for dry matter andnitrogen accumulation and translocation in two-rowed spring barley. II. Nitrogen translocation. European Journal of Agronmy 15: 255-265.

Rawson, H.M., and Evans, L.T. 1971. The contribution of stem reserves to grain development in a range of cultivars of different height. Australian Journal of Agricultural Resarch 22: 851-863.

Rjaee, S., Alikhani, H., and Raiesi, F. 2007. Effect of plant growth promoting potentials of *Azotobacter chroococcum* native strains on growth, yield and uptake of nutrients in wheat. Journal of Water and Soil Science 11 (41): 285-297. (In Persian with English Summary)

Robert, N., Hennequet, C., and Bérard, P. 2001. Dry matter and nitrogen accumulation in wheat kernel: Genetic variation in rate and duration of grain filling. Journal of Genetic and Breeding 55: 297-305.

Rostami, M.A., and Giriaei, H. 1998. Nitrogen cocentration profiles in wheat and its relationship to grain protein. Iranian Journal Agriculture Sciences 29: 447-453. (In Persian with English Summary)

Shahraki, M., Dahmardeh, M., Khamari, E., and Asgharzadeh, A. 2016. Effects of *Azotobacter* and *Azospirillum* and levels of manure on quantitative and qualitative traits of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Journal of Agroecology 8(1): 59-69. (In Persian with English Summary)

Sharifi, R.S., Khavazi, K., and Gholipouri, A. 2011. Effect of seed priming with plant growth promoting Rhizobacteria (PGPR) on dry matter accumulation and yield of maize (*Zea mays* L.) hybrids. International Research Journal of Biochemistry and Bioinformatics 1 (3): 76-83.

Singh, R., Behl, R.K., Singh, K.P., Jain, P., and Narula, N. 2004. Performance and gene effects for wheat yield under inoculation of arbuscularmycorrhiza fungi and *Azotobacter chroococcum*. Haryana Agricultural University, Hisar, India. Plant, Soil and Environment 50 (9): 409-415.

Soleymanifard, A., and Seyedata, S. 2011. Effect of inoculation with bio-fertilizer in different nitrogen levels on yield and yields components of Safflower under dry land conditions. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences 11 (4): 473-477.

Yasin, M., Ahmad, K., Mussarat, W., and Tanveer, A. 2012. Bio-fertilizers, substitution of synthetic fertilizers in cereals for leveraging agriculture. Crop and Environment 3: 62-66

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.3, Fall 2019, p. 893-908

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 3، پاییز 1398، ص 908-893

Investigating the Interaction of *Azotobacter* and Nitrogen Application on the Remobilization, Yield and Yield Components of Grain Barley (*Hordeum vulgar* L.)

A. Taherinezhad[1], M.E. Ghobadi[2]*, S. Jalali-Honarmand[2] and H. Heidari[3]
Submitted: 18-11-2017
Accepted: 01-07-2018

Taherinezhad, A., Ghobadi, M.E., Jalali-Honarmand, S., and Heidari, H. 2019. Investigating the interaction of *azotobacter* and nitrogen application on the remobilization, yield and yield components of grain barley (*Hordeum vulgar* L.). Journal of Agroecology. 11(3): 893-908.

Introduction

Nitrogen is a vital and important element for the plant and is available by chemical or biological process. The contribution of nitrogen fertilizer to performance improvement in various studies has been reported to be between 30-50%. Koocheki et al. (2017) reported that the levels of nitrogen fertilizers used in experiments for wheat in the range of 20-250 kg.ha^{-1} increased wheat yield by 2477 kg.ha^{-1} compared to control treatment. Biodegradable fertilizers (especially *Azotobacter*) has been reported positive because they have great potential to improve the nutrition of plants and replace chemical fertilizers, and can minimize or completely eliminate the use of chemical fertilizers and reduce environmental hazards, improve soil structure in cereal, dissolve phosphate and increase growth via absorption of mineral elements. *Azotobacter*, one of the most reputed free-living bacteria that stabilizes nitrogen in the air, which by using different mechanisms, increases the production of auxin hormone and the development of the plant's root system (increasing root area with more growth), and ultimately helps increase the yield of crops and orchards. The amount of nitrogen consolidated by 20 to 40 kg.ha^{-1} per year is estimated for cereals such as wheat, corn, sorghum, millet and rice, with a yield increase of 7-12% and a maximum of 39% in these plants.

Materials and Methods

This experiment was conducted on irrigated barley (*Hordeum vulgar* v. Bahman) in a farm in the Songhor town, Kermanshah Province, as factorial based on completely randomized block design (CRBD) with three replications during 2014-2015. Factors including *Azotobacter chroococcum* (0, 100 and 200 g.ha^{-1}) and nitrogen fertilizer from urea source (0, 50, 100, 150 and 200 kg.ha^{-1}). In this test were studied LAI, number of tillers, shoot dry weight, hectoliter weight, protein content, biological yield, grain yield, harvest index, number of spikes.m^{-2}, number of seeds per plant and thousand-seed weight traits. Sowing date was 19 November, 2014. *Azotobacters* used as inoculate with seed treatment and urea fertilizer at planting time just one-third and two-thirds were stem elongation.

Results and Discussion

Analysis of variance showed that the effects of azotobacter and nitrogen as well as interactions between them were significant on all traits. The maximum amount LAI, tillers, shoot dry weight, hectoliter weight, protein content (12.5%), biological yield, harvest index, number of spikes, number of grains per spike, thousand seed weight and grain yield (871 g m^{-2}) were obtained in treated with 200 g.ha^{-1} *Azotobacter* and 200 kg.ha^{-1} N With the increase the amount of inputs also increased attribute values. Considering the cost of the inputs and amount of grain yield and protein, the consumption of 100 g.ha^{-1} *Azotobacter* and 100 kg.ha^{-1} N about 834 g.m^{-2} and 26%, respectively, had the most economic output and did not significantly different with maximum consumption of them. Generally, the results showed that the effect of industrial nitrogen on all traits was more than Azotobacter, but optimal use of biological and chemical fertilizers combined treatment with low doses (100 g

1, 2 and 3- Former PhD student in Agronomy, Associate Professor and Assistant Professor, Department of Plant Production and Genetic, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran
(*- Corresponding author Email: eghbalghobadi@yahoo.com)
Doi: 10.22067/jag.v11i3.68804

inoculated with 100 $kg.ha^{-1}$ N), also had the significant and positive effect on morphological traits and yield. So it may be partly replaced urea fertilizer consumption with Azotobacter.

Conclusion

The results of this experiment showed that the highest grain yield (871 $g.m^{-2}$) was obtained from the combined application of 200 $g.ha^{-1}$ biomass with 200 $kg.ha^{-1}$ N. In general, with increasing amount of nitrogen from type of urea, the grain yield was between 20 and 71% and the grain protein content was between 20 and 32%, but with the increase of azotobacter (alone), the grain yield increased between 17 and 42%, and the grain protein was between 5 and 10 Percentage.

Keywords: Leaf area, Peduncle, Seed protein, Seeds number per spike